SEPTEMBER 1974

Transductor

B. van Zanten

Naast stabilisatiebuizen — zenerdiodes — zijn het ook transductoren, welke een rol spelen bij spanningsregelingen voor voedingsapparaten, elektronische en medische apparatuur. Een variërende netspanning kan een juiste functionering van elektrische apparatuur in ongunstige zin beïnvloeden. Vooral zwaar belaste netten kunnen aan de uiteinden van lange leidingen een onrustig beeld te zien geven. Niet alleen voor grote vermogens, maar ook voor kleinere belastingen zijn er regel- en stuurorganen, welke een correctiespanning vereisen. Een treffend voorbeeld zijn de televisietoestellen op campings. In de avonduren wordt door de campingbewoners vrij veel stroom afgenomen voor de ingeschakelde apparatuur. Met als consequentie, dat veelal op het einde van lange leidingen een *vrij sterke daling* van de voedingsspanning ontstaat. Het gevolg is een minder goede *beeldkwaliteit.* Vanzelfsprekend is de oorzaak hiervan een te kleine doorsnede van de voedingskabel.

Een voorbeeld van geheel andere importantie is de stuurstroomverzorging van *automatiserings-* en *besturingsschakelaars* met elektromagnetische schakelaars. Genoemde schakelaars bezitten een afvalspanning, welke ongeveer 65-70% van de nominale spoelspanning bedraagt. Dit betekent, dat bij een kortstondige daling van deze spanning met 30-35% de schakelaar uitvalt.

Uit het voorgaande is duidelijk, dat transductoren — ook wel genoemd *magnetische netspanningsstabilisatoren* — ten doel hebben om bepaalde storingen en ontoelaatbare spanningsvariaties te compenseren. Alvorens hierop in te gaan zullen we eerst eens bekijken aan welke voorwaarden deze apparaten moeten voldoen. Hierbij is het van essentieel belang, dat spanningsvariaties binnen zeer korte tijd worden gecompenseerd. Met andere woorden, een grote *regelsnelheid* dus een kleine *hersteltijd* is noodzakelijk. Uit documentatiemateriaal blijkt, dat bij een frequentie van 50 Hz de *regelsnelheid* ongeveer 20-40 msec. bedraagt Bij een frequentie van 400 Hz is deze teruggelopen naar 2-5 msec.

Dit betekent dus minimale exploitatiekosten bij een *gunstig rendement.*
De *regelnauwkeurigheid,* welke afhankelijk is van de aard van de *belasting,* het *regelbereik* en de *instelling* van de stabilisatoren ligt tussen 0,5 tot 1,5%.

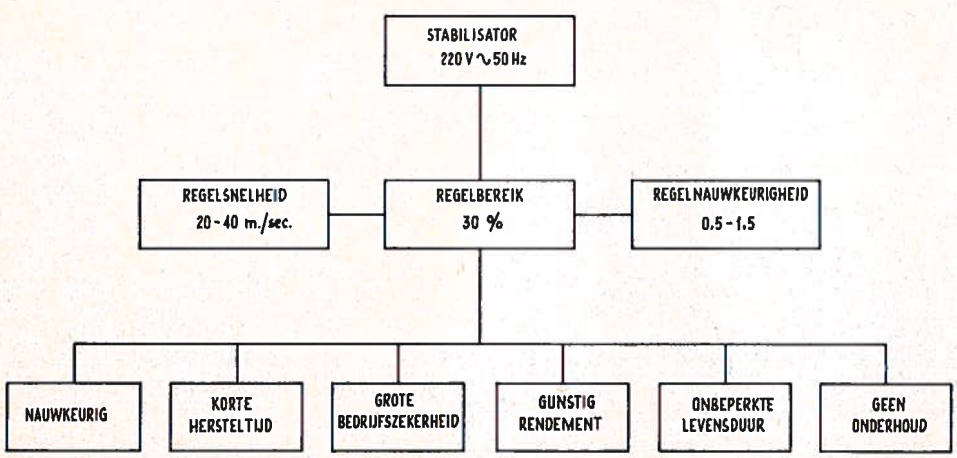


FIG.1

Figuur 1 laat aan de hand van een drietal punten, te weten *regelsnelheid, regelbereik* en *regelnauwkeurigheid,* zien, dat een magnetische spanningsstabilisator aan alle te stellen eisen voldoet. Hierbij springen direct de punten *geen onderhoud* en *onbeperkte levensduur* naar voren.

In principe wordt de regeling voor stabilisatie op magnetische wijze verkregen. Bekend is, dat de opgewekte spanning bij een verzadigde trafo, binnen bepaalde grenzen, onafhankelijk is van de magnetiseringsstroom.

Variërende magnetiseringsstroom bij variërende netspanning wordt verkregen bij serieschakeling van een *verzadigde* en een *onverzadigde* trafo in spaarschakeling. Dit laatste houdt in, dat de spanning over het verzadigde gedeelte vrijwel constant blijft, terwijl de eventuele spanningsvariaties worden opgenomen door het gedeelte wat onverzadigd blijft.

Figuur 2 laat het principe van een dergelijke magnetische spanningsstabilisator zien.

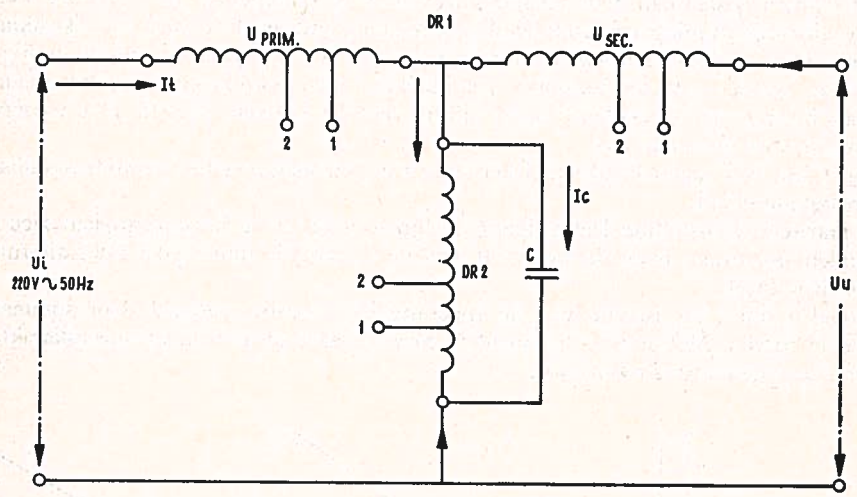


FIG. 2

Uit deze tekening blijkt, dat DR1 het onverzadigde gedeelte voorstelt (DR1 primair en DR1 secundair), terwijl DR2 het verzadigde deel laat zien.

De ingangsspanning is voorgesteld door Ui, terwijl de uitgangsspanning aangegeven staat als Uu. De totaal, uit het net opgenomen stroom wordt hierin aangeduid met It. In het verdere verloop van dit artikel zullen we spanningsvariaties met het teken ΔU aangegeven en de regelnauwkeurigheid als a.

Duidelijk is te zien, dat de uitgangsspanning Uu van de verzadigde spoel DR1 wordt afgetakt en tevens van de serieschakeling van spoel DR2 en de secundaire zijde van de onverzadigde trafo DR1. Het gevolg is een nog grotere constantheid van de uitgangsspanning Uu.

Uit de figuur zien we ook, dat parallel aan de spoel DR2 een condensator C is geschakeld. Het doel hiervan is, om de opgenomen stroom door deze spoel gedeeltelijk te *compenseren* en daardoor *het uitgangseffect* te verbeteren.

Samenvattend mogen we stellen, dat een transductor bestaat uit een betrekkelijk *onverzadigd* gedeelte, waarbij slechts een geringe stroomverandering nodig is om een hoge geïnduceerde spanning te krijgen, en een *verzadigd* gedeelte; wanneer het aantal ampère-

windingen hoger wordt dan een bepaalde betrekkelijk lage waarde, en waarbij de geïnduseerde spanning vrijwel onafhankelijk is van het aantal ampèrewindingen.
Wat de opbouw van de *kernen* betreft geldt, dat bij kleine vermogens als 500 W de verzadigde smoorspoel DR2 uitgevoerd is als *M-kern*. Dit naar de vorm van het blikpakket. Om te voorkomen, dat een luchtspleet ontstaat wordt het blik tegengesteld gestapeld. Voor het onverzadigde gedeelte, dus DR1, wordt bij kleine vermogens eveneens de M-kern toegepast.
De stapeling van het blik is in totaliteit gelijk waardoor een luchtspleet ontstaat. Het gevolg is een extra weerstand in het magnetisch circuit met als resultaat, dat de kern minder snel in verzadiging komt.
Bij een juiste dimensionering van de onderdelen en een juiste keuze van het aantal windingen (punten 1 en 2) kan een juiste uitgangsspanning Uu worden bereikt. Vanzelfsprekend dient de spanningsvariatie ΔU van de ingangsspanning Ui binnen het regelbereik te vallen.
Regeltechnisch gezien kan door verplaatsing van enige spoelpunten de *effectieve* waarde van de uitgangsspanning constant worden gehouden, indien als gevolg van afwijkingen moeilijkheden kunnen ontstaan. Interessant is, dat dit apparaat — indien nodig — geijkt kan worden op een constante gemiddelde uitgangsspanning. In dit verband is het van belang, dat controlemetingen alleen verricht kunnen worden met *weekijzerinstrumenten* of *thermometers*.
Figuur 3 laat een aantal karakteristieken zien van een magnetische spanningsstabilisator in onbelaste toestand.
Deze grafische voorstelling laat volgens de lijnen A en B de karakteristieken zien van de condensatorstroom Ic en de stroom IL van de verzadigde smoorspoel DR2 als functie van de spanning U.
De totaalstroom I als functie van de spanning kan worden bepaald door sommering van beide curven. Met andere woorden de curve C stelt de stroom-spanningskarakteristiek van de opgenomen stroom voor.

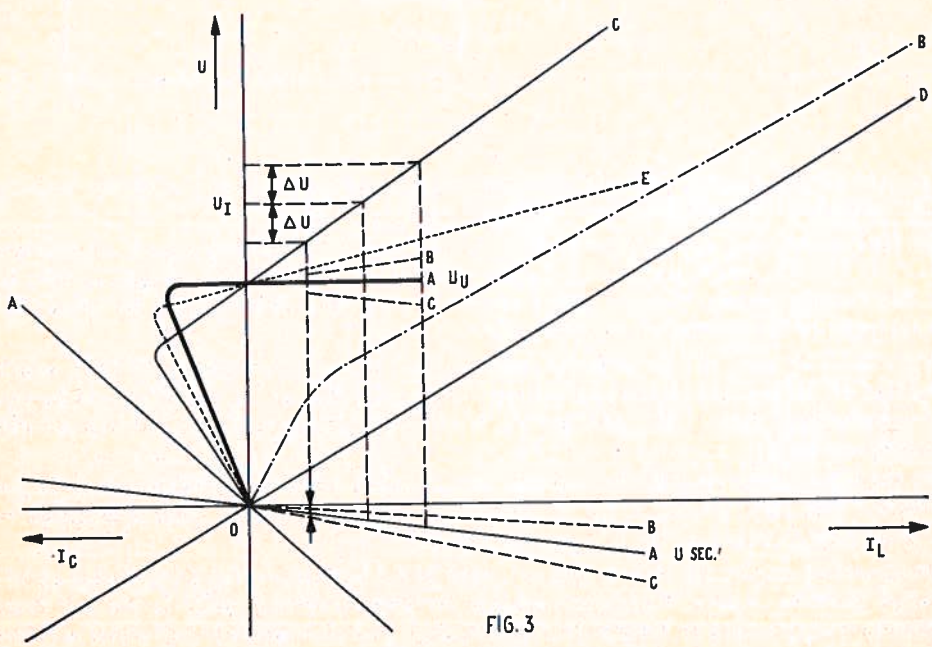


FIG. 3

Curve D, welke in deze karakteristiek is opgenomen, laat het verloop zien van de spanning, over de primaire wikkeling van trafo DR1, als functie van de stroom. Om een karakteristiek te krijgen van de spanning over spoel DR2 en condensator C dienen de coördinaten van kromme C worden verminderd met die van kromme B bij gelijke absissen (kromme E).
De spanning over de secundaire spoel van DR1 als functie van de stroom wordt voorgesteld door A-U sec. Duidelijk is te zien dat deze spanning tegengesteld in serie is geschakeld met de gestippelde kromme E.
De karakteristieken B en C van U sec gelden voor andere aftakkingen van deze spoel, zoals ook aangegeven in figuur 2.
Door vermindering van de coördinaten van karakteristiek E met de coördinaten van karakteristiek U sec bij gelijke absissen ontstaat de karakteristiek A - Uu (de dikke lijn). Dit is dus de *uitgangsspanning in onbelaste toestand.*
De beide krommen B en C naast A - Uu geven het verloop weer indien verschillende windingsaantallen van de secundaire zijde van de trafo DR1 worden toegepast. (Zie figuur 2 de punten 1-2 U sec DR1).
Hieruit blijkt, dat deze kromme te wijzigen is in een positieve of negatieve helling. Dit laatste is ook mogelijk door de condensator C aan te sluiten op een andere aftakking van de primaire wikkeling van de trafo DR1.
Indien we een ander aftakpunt van de verzadigde spoel DR2 kiezen, betekent dit het wijzigen van de spanning Ulc (kromme E) en dus een ander regelbereik.

(wordt vervolgd)

Grondbeginselen van de computertechniek

J. P. Leeman

(Vervolg van blz. 202)

Van het programmeren, in machinecode, zal nog een aantal voorbeelden worden gegeven.

Reeks: gevraagd wordt de volgende reeks te laten typen.
1 - 2 - 3 - 5 - 8 - 13 - 21 - 34 . . . enz.

Zoals u ziet, is iedere term de som van de twee voorgaande termen.

De eerste term, de 1, en de tweede term, de 2, zijn een uitzondering op deze regel omdat hiervoor geen twee termen staan, zodat ook de som niet genomen kan worden.

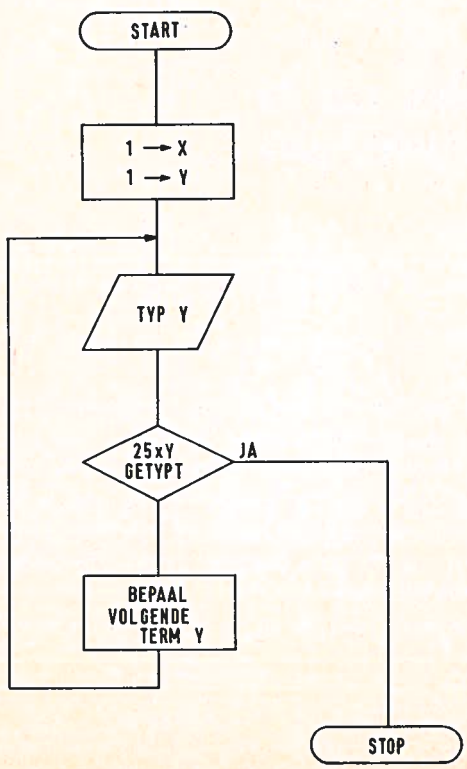
In het algemeen houden we bij het programmeren, om het aantal stappen zo klein mogelijk te houden, niet van uitzonderingen op een bepaalde regel.

Wanneer u een „kladje" maakt zal u zien dat de 2e term binnen dezelfde regel valt als die van de daaropvolgende termen.

„Kladje" De rekenregisters zijn A en B terwijl de werkregisters X en Y worden genoemd.

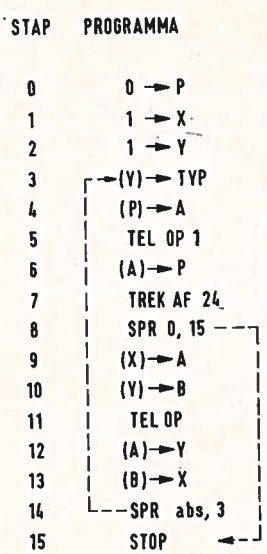
Nr.	stap	A	B	X	Y	typ
1	1 → Y				1	
2	1 → X			1	1	
3	typ, Y			1	1	1
4	X → A	1		1	1	
5	Y → B	1	1	1	1	
6	tel op	2	1	1	1	
7	A → Y	2	1	1	2	
8	B → X	2	1	1	2	
9	typ Y	2	1	1	2	2
10	X → A	1	1	1	2	
11	Y → B	1	2	1	2	
12	tel op	3	2	1	2	
13	A → Y	3	2	1	3	
14	B → X	3	2	2	3	
15	typ, Y	3	2	2	3	3
16	X → A	2	2	2	3	
17	Y → B	2	3	2	3	
18	tel op	5	3	2	3	
19	A → Y	5	3	2	5	
20	B → X	5	3	3	5	
21	typ, Y	5	3	3	5	5
	enz.					

U ziet dat stap 3 t/m 8 gelijk is aan stap 9 t/m 14 en 15 t/m 20 enz. zodat deze stappen in een „loop" genomen kunnen worden.
Wordt nu verder bepaald dat er 25 termen getypt moeten worden dan ziet het stroomschema er als volgt uit.



Het programmeren van het gedeelte „bepaal term Y" staat al op het kladje terwijl de teller„ 25 × Y getypt" kunnen halen uit het programma dat in een vorig studieblad is gemaakt.

Het programma ziet er nu als volgt uit:



Verder kan voor P het getal 18
X het getal 16
Y het getal 17 worden ingevuld.

Praktijkvoorbeeld

Een groot winkelbedrijf controleert, met behulp van de computer, dagelijks de kassa's. De controle is als volgt: het contante geld dat zich in de kassa bevindt plus de bedragen van de betaalkaarten moet gelijk zijn aan de bedragen die door de cassière zijn aangeslagen.

Is het verschil groter dan *f* 10,— dan moet het door de cassière aangeslagen bedrag plus het verschil getypt worden.

Is er een verschil van *f* 10,— of kleiner dan moeten de bedragen van het contante geld, de betaalkaarten, en het totaalbedrag afzonderlijk worden gesommeerd.

Oplossing: We noemen het geld dat zich in de kassa bevindt a.
de som van de bedragen van de betaalkaarten b.

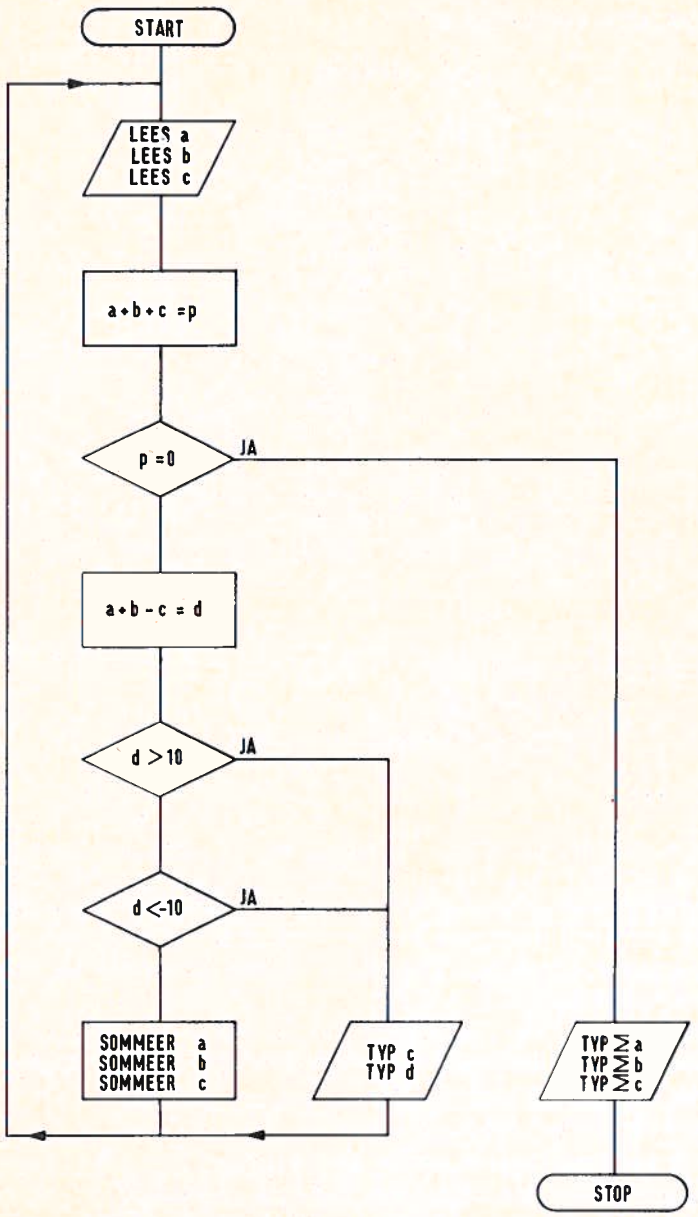
de som van de bedragen door de cassière aangeslagen c.

Aan de computer worden dus telkens drie bedragen toegevoegd.

De ponsband wordt afgesloten met driemaal „nul" waarna de som van a, de som van b en de som van c wordt getypt.

Eerst het stroomschema tekenen.

Voor de eenvoud rekenen we in hele guldens.


START
LEES a
LEES b
LEES c
a+b+c =p
p =0
JA
a+b-c = d
d >10
JA
d <-10
JA
SOMMEER a
SOMMEER b
SOMMEER c
TYP c
TYP d
TYP a
TYP b
TYP c
STOP

No.	stap	Register A	B	inhoud geheugen plaats 42	43	44	45	46	47	48	Typ
0	0 → 46										
1	0 → 47										
2	0 → 48										
3	lees → 42			a							
4	lees → 43			a	b						
5	lees → 44			a	b	c					
6	(42) → A	a		a	b	c					
7	(43) → B	a	b	a	b	c					
8	tel op	a + b	b	a	b	c					
9	(A) → 45	a + b	b	a	b	c	a + b				
10	(44) → B	a + b	c	a	b	c	a + b				
11	tel op	P	c	a	b	c	a + b				
12	spr = 0 37										
13	(45) → A	a + b	c	a	b	c	a + b				
14	trek af	a + b − c	c	a	b	c	a + b				
15	(A) → 45	d	c	a	b	c	d				
16	trek af 10	d − 10	c	a	b	c	d				
17	spr > 0 34										
18	(45) → A	d	c	a	b	c	d				
19	tel op 10	d + 10	c	a	b	c	d				
20	spr 0 → 34										
21	(42) → A	a	c	a	b	c	d				
22	(46) → B	a	x	a	b	c	d				
23	tel op	a + x	x	a	b	c	d				
24	(A) → 46	a + x	x	a	b	c	d	a + x			
25	(43) → A	b		a	b	c	d	a + x			
26	(47) → B	b	x	a	b	c	d	a + x			
27	tel op	b + x	x	a	b	c	d	a + x			
28	(A) → 47	b + x	x	a	b	c	d	a + x	b + x		
29	(44) → A	c	x	a	b	c	d	a + x	b + x		
30	(48) → B	c	x	a	b	c	d	a + x	b + x		
31	tel op	c + x	x	a	b	c	d	a + x	b + x		
32	(A) → 48	c + x	x	a	b	c	d	a + x	b + x	c + x	
33	spr abs 3										
34	typ 44										c
35	typ 45										d
36	spr abs 3										
37	typ 46										Σ a
38	typ 47										Σ b
39	typ 48										Σ c
40	stop										

Assembler:

De taal waarin tot nu toe is geprogrammeerd is en zgn. machinetaal.

In een van de vorige hoofdstukken is aangenomen dat door een machine de symbolische notaties zoals $X \rightarrow A$, *verm.*, *deel* enz., in 1-en en 0-en werden omgezet.

In de praktijk werden de symbolische notaties door de computer „vertaald" in machine-instructies. Een programma dat invoergegevens in symbolische vorm omzet in machineinstructies wordt een *assembler* genoemd.

De nadelen van een machinetaal zijn:

a) Het programma is voor slechts één bepaalde machine te gebruiken
b) Het programma is moeilijk te „lezen"
c) Het programma van wiskundige en statistische functies is een tijdrovende zaak.

Probleemgerichte talen of hogere programmeertalen

Om bovenstaande nadelen te omzeilen heeft men de probleemgerichte talen ontwikkeld zoals *ALGOL* (algorithmie Oriented Language) dit is een wiskundige taal waarmee numerieke procedures gedefinieerd kunnen worden ter verwerking in een computer.

COBOL (Common Business Oriented Language) door middel van deze specifieke taal kunnen administratieve procedures in een standaardvorm beschreven worden.

FORTRAN (Formula Translator) met deze programmeertaal is het mogelijk programma's door middel van een wiskundige notatie te schrijven.

BASIC en APL zijn niet probleem gericht maar bijzonder populair omdat zij eenvoudig te hanteren en leesbaar zijn.

Alvorens een programma geschreven in ALGOL of COBOL etc. in de computer gelezen kan worden, wordt de computer eerst „geladen" met een programma die de probleem gerichte taal omzet in de machine taal.
Dezo programma's worden *compiler's* of *interpretators* (vertolken = interpreteren) genoemd.
Een compiler vertaald een aantal instructies in een groter aantal machine-instructies.

De nadelen van de hogere programmeertalen zijn:

a) de compiler of interpretator legt beslag op een groot aantal geheugenplaatsen waaruit volgt:
b) de computer wordt niet alleen voor het eigenlijke programma gebruikt.

Om de grootte van de computer te bepalen wordt vaak de capaciteit van het geheugen opgegeven. Van belang is daarbij te weten hoe groot het deel is dat, door de interpretator of compiler, van het geheugen wordt gebruikt.

BASIC

Speciaal bij het gebruik van een *terminal* is basic een bijzonder geschikte programmeertaal. Een terminal is een schrijfmachineachtig apparaat dat via een (telefoon) lijn met de computer wordt verbonden.

Het toetsenbord fungeert daarbij als invoerorgaan, het drukwerk als uitvoerorgaan.
Veelal zijn nog aanwezig een ponsbandlezer en een bandponser.

Een programma in BASIC geschreven, bestaat uit genummerde *statements*. Ieder statement leidt tot het door de computer verrichten van een handeling of een complex van handelingen.

Voorbeeld:

statement No.	programma
10	A = 5
20	B = 10
30	Z = A + B
40	print Z
50	stop

Het = teken heeft hier de betekenis van „wordt". De statements zijn genummerd met 10, 20, 30 enz. waardoor het mogelijk is achteraf statements tussen te voegen.

Vergeten we even het programmeren in machinetaal en kijken naar bovenstaand voorbeeld dan is daar geprogrammeerd:

10 „A wordt 5" wat A is en in welke geheugen-plaats dit wordt neergezet, wordt aan de computer overgelaten.
20 „B wordt 10" hiervoor geldt hetzelfde als bij statement 10.
30 „Z wordt A × B", Z wordt dus 50.
40 „Print Z" zodat 50 wordt geprint.
50 „stop" machine stop.

Ditzelfde programma kan ook als volgt geschreven worden.

```
10  Z = 5 × 10
20  print Z
30  stop
```

De navolgende statements mogen worden gebruikt.

P = SQR(B) betekent $P = \sqrt{B}$
P = A ↑ 2 betekent $P = A^2$
P = sin (A) betekent P = sin A

Ook formules mogen in één statement gezet worden mits het statement niet groter dan 73 symbolen wordt.

Zo wordt de formule $a = \sqrt{b^2 + c^2}$ als volgt genoteerd.

```
10  A = SQR (B ↑ 2 + C ↑ 2).
```

Sprongopdrachten

Ook hier kent men de voorwaardelijke en onvoorwaardelijke sprongopdrachten:

a) de onvoorwaardelijke, Goto n, waarin n het nummer is van de statement waarmee het programma wordt voortgezet.

b) de voorwaardelijke: deze statement bestaat uit:
   1) het woord IF
   2) een voorwaarde zoals
      =
      >
      <
      < =
      = >
      < >
   3) het woord THEN
   4) het nummer van de statement waarna gesprongen moet worden.

Wordt niet aan de voorwaarde voldaan, dan wordt doorgegaan naar de volgende statement.

Voorbeeld:

```
40  IF P < 400 THEN 60
```

dit betekent: als p kleiner is dan 400, spring dan naar statement 60.

Tussen IF en THEN mag ook een vergelijking of een constante worden ingevuld. Aan de hand van een paar voorbeelden zal het gebruik van BASIC worden verduidelijkt. Als eerste voorbeeld nemen we de reeks print 1 - 2 - 3 - 5 - 8 - 13 enz.

Het programma ziet er als volgt uit:

```
 10  Y = 0
 20  Y = 1
 30  P = 0
 40  P = P + 1
 50  N = X + Y
 60  print N
 70  X = 1
 80  Y = N
 90  IF P  25  THEN 40
100  stop
```

Bestudeert u dit programma goed.

Wanneer we het programma van de kassa's in BASIC gaan schrijven, zult u zien dat van het stroomschema op blz. 267 naar het programma maar een kleine stap is. De invoerstatement bestaat uit het woord INPUT gevolgd door een variabele. Bij uitvoering van de statement klinkt in de terminal een belletje ten teken dat een getal moet worden ingetoetst.

De waarde van het ingetoetste getal wordt aan de genoemde variabele toegevoegd.

Programma:

```
 10  X = 0
 20  Y = 0
 30  Z = 0
 40  input A, B, C,
 50  P = A + B + C,
 60  IF P = 0 THEN 160
 70  D = A + B – C
 80  IF D > 10 THEN 140
 90  IF D < –10 THEN 140
100  X = X + A
110  Y = Y + C
120  Z = Z + C
130  GO TO 40
140  print C, D,
150  stop
160  print X, Y, Z,
170  stop
```

Zo ook het programma van de stelling van Pythagoras (stroomschema blz. 202):

```
 10  P = 0
 20  input A, B
 30  P = P + 1
 40  IF A < 0 THEN 100
 50  IF B < O THEN 100
 60  C = SQR (A ↑ 2 + B ↑ 2)
 70  print C;
 80  IF P = 10 THEN 100
 90  GO TO 20
100  stop
```

Ook wat betreft het programmeren is het geenszins de bedoeling geweest om volledig te zijn.

Bovenstaande is alleen om u een indruk te geven van de (on)mogelijkheden.

Tot slot van dit hoofdstuk is hieronder het resultaat van een, met behulp van een terminal, in BASIC geschreven programma weergegeven dat alle paasdata tussen 1901 en 2099 uitrekent.

Onderaan ziet u dat de processtime (rekentijd) slechts 1 minuut en 2 seconden heeft geduurd.

Paasdata 1901 tot en met 2099

22 maart									
23 maart	1913	2008							
24 maart	1940								
25 maart	1951	2035	2046						
26 maart	1967	1978	1989	2062	2073	2084			
27 maart	1910	1921	1932	2005	2016				
28 maart	1937	1948	2027	2032					
29 maart	1959	1964	1970	2043	2054	2065			
30 maart	1902	1975	1986	1997	*2059*	*2070*	*2081*	*2092*	
31 maart	1907	1918	1929	*1991*	*2002*	*2013*	*2024*	2086	2097
1 april	*1923*	*1934*	*1945*	*1956*	2018	2029	2040		
2 april	1961	1972	2051	2056					
3 april	1904	1983	1988	1994	2067	2078	2089		
4 april	1915	1920	1926	1999	2010	2021	2083	2094	
5 april	1931	1942	1953	*2015*	*2026*	*2037*	*2048*		
6 april	*1947*	*1958*	*1969*	*1980*	2042	2053	2064		
7 april	1901	1912	1985	1996	2075	2080			
8 april	1917	1928	2007	2012	2091				
9 april	1939	1944	1950	2023	2034	2045			
10 april	1955	1966	1977	*2039*	*2050*	*2061*	*2072*		
11 april	1909	1971	1982	1993	2004	2066	2077	2088	
12 april	1903	1914	1925	1936					
13 april	1941	1952	2031	2036					
14 april	1963	1968	1974	2047	2058	2069			
15 april	1906	1979	1990	2001	*2063*	*2074*	*2085*	*2096*	
16 april	1911	1922	1933	*1995*	*2006*	*2017*	*2028*	2090	
17 april	*1927*	*1938*	*1949*	*1960*	2022	2033	2044		
18 april	1954	1965	1976	2049	2055	2060			
19 april	1908	1981	1987	1992	2071	2076	2082		
20 april	1919	1924	1930	2003	2014	2025	2087	2098	
21 april	1935	1946	1957	*2019*	*2030*	*2041*	*2052*		
22 april	1962	1973	1984	2057	2068				
23 april	1905	1916	2000	2079					
24 april	2011	2095							
25 april	1943	2038							

Stop at line 0110
Go ahead
Bye
Processtime 01 min. 02 sec.
Connectiontime 00 hr 04 min.
Left at 16 hr 25

Het programma waarmee het mogelijk is om, na het ingeven van een jaartal (input Y), de paasdatum van dat jaar (tussen 1901 en 2099), te laten uitprinten is hieronder weergegeven.

```
0010 INPUT J
0011 IF J → = 2100 THEN 14
0012 IF J ← 1900 THEN 14
0013 GO TO 16
0014 PRINT „SUFFERD TUSSEN 1900 EN 2100"
0015 GO TO 10
0016 P = J
0020A = J – 19 * INT (J/19)
0030B = J – 4 * INT (J/4)
0040C = J – 7 * INT (J/7)
0050D = 19 * A + 24 – 30 * INT ((19 * A + 24)/30)
0060E = 5 + 2 * B + C + 6 * D – 7 * INT ((5 + 2 * B + 4 * C + 6 * D)/7)
0070F = D + E – 9
0080IF F < = 0 THEN 130
0090IF F = 26 THEN 150
0100IF F = 25 THEN 170
0110 PRINT J; F; „APRIL"
0120 GO TO 210
01300 PRINT J; 31 + F; „MAART"
0140 GO TO 210
0150 PRINT J; 19; „APRIL"
0160 GO TO 210
0170 IF D = 28 THEN 190
0180 GO TO 110
0190 PRINT J; 18; „APRIL"
0210 J = J + 1
0220 IF J > = 2100 THEN 10
0230 IF J < P + 10 THEN 20
0240 GO TO 10
GO AHEAD
```

Ook dit programma is in basic geschreven.

Na ingeven van een jaartal wordt zowel het jaartal als de datum geprint.

```
WATT
1970
    1970      29 MAART
    1971      11 APRIL
    1972       2 APRIL
    1973      22 APRIL
    1974      14 APRIL
    1975      30 MAART
    1976      18 APRIL
    1977      10 APRIL
    1978      26 MAART
    1979      15 APRIL
2095
    2095      24 APRIL
    2096      15 APRIL
    2097      31 MAART
    2098      20 APRIL
    2099      12 APRIL

3000
SUFFERT TUSSEN 1900 EN 2100
```

(Slot)

Hybridische geïntegreerde schakelingen

B. KIEBOOM

Onder dunnefilmschakelingen verstaat men schakelingen waarvan de passieve elementen in de vorm van dunne lagen op een subtraat zijn aangebracht. Het is mogelijk, en op experimentele schaal is dit ook gebeurd, door middel van opdamp- en etsprocédés volledig geïntegreerde dunnefilmschakelingen te vervaardigen, waarbij zowel de passieve onderdelen en het interconnectiepatroon als de actieve onderdelen in een reeks bewerkingen gelijktijdig tot stand komen. In de praktijk vindt deze methode echter om verschillende redenen geen toepassing. Het blijkt in een aantal gevallen echter aantrekkelijk te zijn de weerstanden en het geleiderpatroon van een schakeling geïntegreerd op te dampen en te etsen op een subtraat van glas of ander materiaal, waarna de condensatoren, transistors, dioden en eventuele andere discrete onderdelen in de schakeling worden gemonteerd.

Ook monolitische geïntegreerde schakelingen kunnen in een dergelijke dunnefilmschakeling worden opgenomen. Hier is dus duidelijk sprake van een hybridische techniek. Deze hybridische schakelingen ontmoetten tot voor kort niet de acceptatie die men op grond van hun eigenschappen en prestaties zou mogen verwachten. Dit is deels een gevolg van de snelle opkomst van de monolitische geïntegreerde schakelingen, die de minder op de voorgrond tredende hybridische schakelingen in de schaduw hebben gesteld. De laatste hebben voor veel toepassingen echter dermate grote voordelen, dat de hybridetechniek zeker niet mag worden beschouwd als een goedkoop alternatief voor de monolitische techniek, maar veeleer als een welkome aanvulling daarvan.

Historische ontwikkeling

Dunnefilmtechniek

In de jaren 1958 en 1959 is men begonnen met de ontwikkeling van de dunnefilmtechniek. Aanvankelijk heeft men getracht deze techniek zo te ontwikkelen, dat volledige integratie van elektronische schakeling verkregen zou worden. Het bleek inderdaad mogelijk te zijn door het opdampen en selectief wegetsen van lagen geleidend, diëlektrisch en weerstandsmateriaal alle componenten van de schakeling, zelfs transistors, te zamen met een interconnectiepatroon in een reeks bewerkingen te vervaardigen.

Spoedig echter bleek dat de mogelijkheden van de dunnefilmtechniek niet lagen op het terrein van de zuiver geïntegreerde, maar op dat van de hybridische schakelingen, bestaande uit een opgedampt weerstands- en interconnectiepatroon en daarop gemonteerde discrete condensatoren, transistors, dioden enz. De oorzaken van die ontwikkeling zijn, zoals dadelijk zal blijken, deels van economische aard. Hoewel men bij deze techniek, waarbij een deel van de onderdelen in de schakeling wordt gemonteerd, eigenlijk niet van geïntegreerde schakelingen kan spreken, beveelt de IEC voor deze schakelingen de naam „hybrid integrated circuits" aan, hetgeen vertaald „hybridische geïntegreerde schakelingen" wordt. Volledige integratie, dat wil zeggen dat alle onderdelen van de schakeling in een reeks bewerkingen gelijktijdig tot stand komen, vindt alleen plaats bij schakelingen die uitsluitend uit weerstanden en een geleiderpatroon zijn opgebouwd, sommige verzwakkers.

Aanverwante technieken

Er bestaat een aantal varianten op de dunnefilmtechniek. Het is bijvoorbeeld mogelijk door middel van maskers direct de juiste geleider- en weerstandspatronen op een sub-

straat op te dampen, in plaats van het overtollige materiaal later weg te etsen.

Ook de zogenaamde dikkefilmtechniek behoort tot de hybridetechnieken. Hierbij worden met gebruikmaking van speciale geleidende inkten geleiders en weerstanden volgens het zeefdrukprocédé („silk screen") op een glazen of keramisch substraat gedrukt. De voordelen van de dikkefilmschakelingen zijn een grote mechanische sterkte en lage produktiekosten, terwijl ze bestand zijn tegen hoge temperaturen en de te bereiken weerstandswaarden hoger zijn dan bij de dunnefilmtechniek. De dikkefilmtechniek heeft echter beperkingen ten aanzien van toleranties en reproduceerbaarheid.

Een fabrikant moet zich op economische gronden in één van de technieken specialiseren, teneinde een hoogwaardig produkt tegen een concurrerende prijs te kunnen leveren. Om verschillende redenen heeft Philips zich toegelegd op de ontwikkeling en de produktie van dunnefilmschakelingen volgens het etsprocédé.

De voordelen van hybridische geïntegreerde schakelingen

Hybridische geïntegreerde schakelingen, waaronder we in het vervolg van dit artikel uitsluitend opgedampte en geëtste dunnefilmschakelingen met discrete onderdelen zullen verstaan, onderscheiden zich zowel in technisch als economisch opzicht van de andere soorten schakelingen, de conventionele en de monolitische. Vooruitlopend op een gedetailleerde beschrijving van de hybrische geïntegreerde schakelingen kan alvast het volgende worden opgemerkt.

Technische voordelen

De opgedampte weerstanden hebben een grote stabiliteit, een lage temperatuurcoëfficiënt en een nauwe tolerantie. Voor deze weerstanden geldt in grote lijnen hetzelfde als voor de metaalfilmweerstanden.

De opgedampte weerstanden kunnen afgeregeld (getrimd) worden. Hierdoor kunnen toleranties van $\pm$ 0,1% worden bereikt.

Hybrische geïntegreerde schakelingen zijn uitstekend reproduceerbaar en voldoen nauwkeurig aan de gestelde specificaties. Hiervoor zijn verschillende oorzaken aan te wijzen: de discrete onderdelen kunnen vóór de montage op eigenschappen worden geselecteerd, de opgedampte weerstanden hebben een nauwe tolerantie, kunnen worden getrimd en zijn niet gebonden aan de waarden van de E-reeksen. Dit laatste is vooral van belang voor laddernetwerken. Bovendien hebben alle schakelingen exact dezelfde geometrie.

Er kunnen elementen worden gebruikt die zich niet of slecht lenen voor de monolitische techniek, zoals veldeffecttransistors, condensatoren enz.

Doordat relatief grote weerstanden en condensatoren gebruikt kunnen worden, bezit de ontwerper een grote mate van vrijheid bij het ontwikkelen van de schakeling.

Hybridische geïntegreerde schakelingen vertonen gunstige ruiseigenschappen, mede doordat de elementen ruimtelijk verder uit elkaar liggen dan bij monolitische schakelingen het geval is, zodat de interactie kleiner is.

De schakelingen kunnen tot zeer hoge frequenties lineair zijn en de digitale schakelingen zijn geschikt voor zeer grote snelheden.

Relatief hoge dissipaties zijn toelaatbaar.

Ze bezitten een grote betrouwbaarheid en een lange levensduur.

Ze kennen vrijwel geen problemen met betrekking tot de isolatie tussen de elementen. Hybridische geïntegreerde schakelingen zijn weinig afhankelijk van spanning en temperatuur.

De afmetingen van een hybrideschakeling zijn klein in vergelijking met die van een gelijkwaardige conventionele schakeling.

Economische voordelen

Bij kleine series identieke schakelingen is de hybridetechniek goedkoper dan de monolitische techniek. Het is niet mogelijk hiervoor een exacte grens te geven, omdat de prijs per schakeling vanzelfsprekend afhangt van meer factoren dan de grootte van de serie alleen. Het komt natuurlijk voor dat men de keus tussen hybridische en bijvoorbeeld monolitische schakelingen bepaalt op andere gronden dan de kostprijs.

De ontwikkelingstijd van een hybrideschakeling is kort. Binnen enkele weken kan men over een proefserie beschikken.

De flexibiliteit bij de ontwikkeling van een schakeling is groot doordat een grote vrijheid bestaat bij het kiezen van de componentwaarden.

De ontwikkelingskosten zijn laag.

De vervaardiging van dunnefilmschakelingen

Materiaalkeuze

Als substraat voor de dunnefilmschakeling wordt doorgaans glas gebruikt, Hoewel er een streven merkbaar is naar het gebruik van keramische materialen. De eisen die men stelt aan een goed dragermateriaal zijn hoog en gevarieerd.

Het materiaal moet glad en vlak zijn, d.w.z. dat zowel de macro- als de micro-oneffenheden klein moeten zijn.

Het moet bestand zijn tegen de hoge temperaturen die bij het opdampen optreden (circa 300 °C).

Het behoort een goed warmtegeleidingsvermogen te hebben.

Het moet goede elektrische en diëlektrische eigenschappen hebben: een hoge weerstand, een kleine verlieshoek, een grote kruipstroomvastheid; er mag geen ionentransport in het materiaal plaatsvinden.

Het moet bij hoge frequenties en bij de hoge temperaturen die bij grote dissipaties van de schakelingen kunnen optreden, zijn elektrische eigenschappen behouden.

Enkele speciale glassoorten blijken in voldoende mate aan deze eisen te voldoen. Keramische materialen zijn echter sterker, bezitten een betere warmtegeleiding en laten hogere frequenties toe; maar ze hebben als nadeel dat ze minder glad en vlak zijn dan glas. Om deze redenen wordt op het ogenblik nog in het algemeen glas gekozen, waarmee schakelingen gerealiseerd zijn voor frequenties tot 1 GHz. Zodra echter voldoende gladde en vlakke keramieken beschikbaar komen, zal het gebruik van dit materiaal zeker toenemen.

Het materiaal van de weerstandslaag die op het substraat wordt aangebracht, moet eveneens aan strenge eisen voldoen:

Het moet een gunstige soortelijke weerstand hebben, zodat de opgebrachte laag niet te dun (met kans op inhomogeniteiten) of te dik hoeft te zijn.

Het moet, in dunne lagen opgebracht, voldoende stabiel zijn en niet te veel verouderen bij hoge temperaturen.

De temperatuurcoëfficiënt moet klein zijn.

Aan deze eisen, die betrekking hebben op het gedrag van de metaallaag, wordt het best voldaan door een nikkelchroomlegering, bestaande uit 80% nikkel en 20% chroom. Dit is een reeds lang bekend weerstandsmateriaal, dat gewoonlijk nichroom wordt genoemd. De soortgelijke weerstand van deze legering bedraagt ongeveer 10^{-6} Ω. Voor de dunne metaallagen waarvan hier sprake is, geldt de betrekking $R = \frac{p \cdot l}{D}$ niet meer.

Dit is een gevolg van de zogenaamde dunnelaageffecten, onder andere de beperkte vrije weglengte van de geleidingselektronen en thermische en tunneleffecten. Hierdoor is de effectieve soortelijke weerstand van de dunne laag een factor vier groter dan men op grond van bovenstaande formule zou verwachten.

Om deze reden hanteert men bij dunne metaallagen de zogenaamde vierkantsweerstand R□; dat is de weerstand tussen twee tegenoverliggende zijden van een vierkante zone met willekeurige afmetingen. Bij de hybridische geïntegreerde schakelingen bedraagt de vierkantsweerstand doorgaans 300 Ω en voor speciale schakelingen 100 of 200 Ω.

De hybridetechniek en het opdamp- en etsprocédé stellen nog enkele speciale eisen aan het gebruikte weerstandsmateriaal. NiCr heeft in deze opzichten nog de volgende voordelen:

Het verdampt reeds bij temperaturen lager dan het smeltpunt. Hierdoor kan een lange staafvormige bron worden gebruikt, waarmee gelijkmatiger opdampen mogelijk is dan met een vloeibare bron.

NiCr hecht zich goed op glas en keramiek.

Het kan selectief worden geëtst.

Het neemt geen tinsoldeer op.

Het belang van de beide laatste punten zal in het verloop van dit artikel duidelijk worden.

De eisen die aan het materiaal voor het interconnectiepatroon worden gesteld zijn minder zwaar. Het belangrijkste is dat de geleidbaarheid goed is. Aanvankelijk werd bijna uitsluitend nikkel toegepast, dat zich goed hecht aan de eerder aangebrachte NiCr-laag en dat selectief kan worden weggeëtst, zodat weerstanden kunnen worden gemaakt door de nikkellaag plaatselijk weg te etsen, zonder de eronder gelegen nichroomlaag aan te tasten. Het betrekkelijk slechte geleidingsvermogen van nikkel is geen bezwaar, omdat de geleidersporen gemakkelijk kunnen worden vertind, waardoor de weerstand daalt, terwijl het nichroom geen tin opneemt. Het vertinnen heeft als nevenvoordeel dat de discrete componenten gemakkelijk in de schakeling gesoldeerd kunnen worden.

Door het beschikbaar komen van beam-lead-transistors, waarop in dit artikel nog nader zal worden ingegaan, zijn er twee nieuwe metalen in opkomst voor de geleiderlaag: goud en aluminium. Goud heeft het voordeel dat het soldeerbaar is en „gebond" kan worden. Dit laatste is van belang voor de nieuwe beam-lead-transistors, die thermocompressief of ultrasoon in de dunnefilmschakeling gebond moeten worden. Aluminium is niet soldeerbaar maar leent zich wel voor het bonden van de aluminium beam leads.

Het opdampen

De subtraten worden in de afmetingen 4 x 13 cm² uit grote glasplaten gesneden. Bij deze en volgende bewerkingen draagt men er zorg voor dat één van de vlakke kanten niet kan beschadigen. De glasplaatjes worden gedurende een halve dag grondig gereinigd in een kaliloogbad, gevolgd door ultrasone reiniging in een isopropanolbad.

Een aantal van deze plaatjes wordt, na stuk voor stuk visueel gecontroleerd te zijn, in een speciale opdampinstallatie geplaatst. Het opdampen gebeurt in twee fazen. Nadat de druk in de klok verlaagd is tot circa 10^{-6} torr, wordt eerst de NiCr-laag opgedampt. Men heeft de procesgrootheden zo gekozen dat de trommel een groot aantal omwentelingen moet maken voordat de gewenste laagweerstand is bereikt. Hierdoor wordt een grote gelijkmatigheid verkregen; de afwijkingen in de laagdikten zijn minder dan 5%.

De tweede faze, die onmiddellijk op de eerste volgt, betreft het opdampen van een nikkellaagje. Dit opdampproces wordt na vijf minuten onderbroken om het reeds op-

gedampte Ni-laagje door het toelaten van lucht in de vacuümklok gelegenheid te geven te ouderen, waardoor een betere hechting op de NiCr-laag ontstaat.

Van de lading plaatjes wordt er één als monitor gebruikt. Dit plaatje is tijdens het opdampproces continu opgenomen in een maatschakeling, die de weerstandswaarde meet. Twee plaatjes worden gebruikt voor het doen van kwaliteitsproeven na afloop van het opdampen. Een vierde plaatje dient als monitor voor volgende ladingen.

In de praktijk wordt van deze plaatjes een voorraad aangehouden, zodat een zekere standaardisatie nodig is. Er zijn drie typen, met laagweerstanden van 100, 200 en 300 Ω, waaruit een keus kan worden gemaakt.

Schakeling-lay-out en maskers

Een praktische dunnefilmschakeling bestaat uit een geleiderpatroon, weerstanden en aansluitvlakjes voor de discrete onderdelen en voor het aansluiten van de gehele schakeling. Nadat van de schakeling een lay-out is gemaakt, waarop de ligging van de geleidensporen, de weerstanden en de aansluitvlakjes is aangegeven, worden de gegevens hiervan in de vorm van X- en Y-coördinaten op de ponsband vastgelegd. Vervolgens wordt de ponsband toegevoerd aan een geprogrammeerde snijmachine, die op een schaal van twintig maal de ware grootte van de schakeling twee tekeningen op stabileen snijdt, een patroontekening en een blokkentekening.

Uit elk glasplaatje van 4 x 13 cm moet een zo groot mogelijk aantal identieke dunnefilmschakelingen worden gehaald. Dit aantal, dat kan variëren van 10 tot 100, is afhankelijk van de grootte van de schakeling. Aan de hand van de beide stabileentekeningen worden nu met behulp van een repetitieprojector de definitieve diapositieve maskers op ware grootte gemaakt, een patroonmasker en een blokkenmasker, beide bestaan uit één of meer rijen identieke afbeeldingen. Het is duidelijk dat patroon- en blokkenmasker elkaar volkomen moeten dekken.

Belichten en etsen

Uit de voorraad kiest men een partij substraten waarvan de NiCr-laag een passende vierkantsweerstand heeft (bij het ontwerpen van de schakeling is deze vierkantsweerstand vanzelfsprekend als uitgangspunt genomen). De glasplaatjes worden aan de opgedampte zijde bestreken met fotoresist, die positief werkt. Dat wil zeggen dat de belichte fotoresist oplosbaar is, terwijl de onbelichte resist de onderliggende metaallagen beschermt tegen het etsmiddel. De fotoresist is ongevoelig voor geel licht, zodat de bewerkingen in een goed verlichte gele kamer kunnen plaatsvinden. Eerst wordt de fotoresist belicht via het patroonmasker, dat diapositief is (de geleidersporen en de weerstanden zijn dus zwart en laten geen licht door). Vervolgens wordt de fotoresist ontwikkeld en gespoeld, waarna de plaatjes visueel gecontroleerd worden.

De volgende bewerking is het selectief wegetsen van het onbeschermde nikkellaagje, gevolgd door spoelen. Voor het wegetsen van het nichroom op de belichte plaatsen worden de plaatjes in een tweede etsbad gedompeld, waarna opnieuw wordt gespoeld. Het substraat is nu op de belichte plaatsen geheel „schoon"; de sporen en de weerstanden bestaan uit een laagje NiCr en een laagje Ni, bedekt door fotoresist.

De resist heeft de prettige eigenschap na al deze bewerkingen nog steeds gevoelig te zijn voor licht, zij het dat de gevoeligheid kleiner is geworden. Daardoor kan de resterende fotoresist bij de tweede belichting via het blokkenmasker opnieuw worden gebruikt, zodat het verwijderen van de oude en het opbrengen van nieuwe fotoresist vermeden wordt. De blokken van het blokkenmasker laten licht door en zijn zo geplaatst dat ze bij het belichten over de weerstandsmeanders vallen. Dit betekent dat van de fotoresist, die op de meanders is achtergebleven, een strook alsnog wordt be-

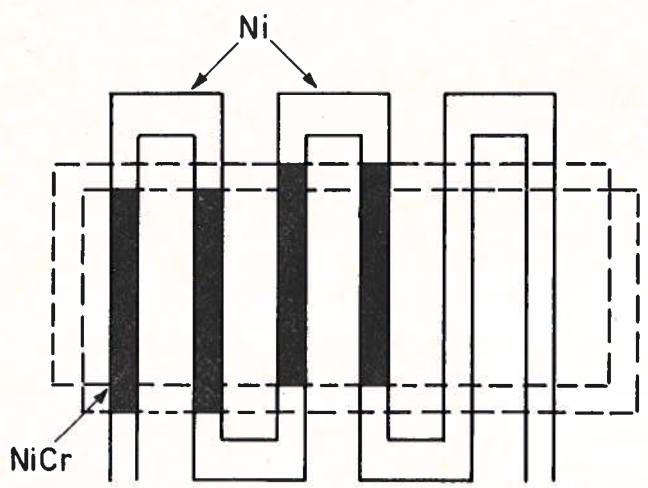
licht. Vervolgens worden de hierboven beschreven bewerkingen, behalve het NiCr-etsbad herhaald: ontwikkelen van de fotoresist, wegnemen van de belichte resist, wegetsen van het nikkellaagje op de belichte plaatsen en verwijderen van het laatste restant fotoresist (van het interconnectiepatroon).

De dunnefilmschakeling heeft hiermee zijn definitieve vorm gekregen: geleidesporen en aansluitvlakjes van nikkel en weerstanden van nichroom. De meandervormige weerstanden bestaan uit een aantal strookjes nichroom, verbonden door u-vormige bruggen van NiCr met een laagje Ni. De hier gevolgde methode heeft het voordeel dat de positionering van het blokkenmasker minder kritisch is. In afb. 1 is dit verduidelijkt. Op de eigenschappen van dunnefilmweerstanden zal nog worden teruggekomen.

Afwerken van de substraten

Nadat de schakelingen zijn gereinigd en visueel gecontroleerd, worden ze in een oven kunstmatig geouderd. Hiermee worden ongewenste metallurgische structuurveranderingen tijdens het gebruik, die met name de weerstandswaarden kunnen wijzigen, voorkomen.

Wanneer de discrete onderdelen in de schakeling gesoldeerd moeten worden, is de laatste behandeling die de substraten ondergaan het bedekken van de nikkelsporen met een laagje tin. Daartoe worden ze eerst in een vloeimiddel en vervolgens in een bad vloeibare soldeer gedompeld. Het tin hecht zich alleen aan de nikkelsporen en niet aan het glas en het nichroom. Het vertinnen heeft twee redenen: het gemakkelijker soldeerbaar maken van het nikkel en het verlagen van de vierkantsweerstand tot ongeveer 0,02 Ω. Nadat de plaatjes grondig zijn gereinigd, worden ze voorgekrast en in afzonderlijke schakelingen gebroken.



Een geringe verschuiving van één van de maskers heeft geen invloed op de weerstandswaarde.

De dunnefilmschakelingen zijn hiermee klaar om afgemonteerd te worden met discrete onderdelen. Alvorens wat nader in te gaan op de discrete onderdelen, is het wellicht nuttig enige regels te wijden aan de enige niet-discrete onderdelen van hybridische geïntegreerde schakelingen: de weerstanden.

Weerstanden in hybride-schakelingen

Eén van de voordelen van hybridische geïntegreerde schakelingen is de hoge kwaliteit van de dunnefilmweerstanden. Deze hebben in het algemeen een meandervorm en bestaan dus uit een aantal in serie geschakelde strookjes nichroom. Omdat de vierkantsweerstand van de nichroomlaag gegeven is (gewoonlijk 300 Ω), wordt de weerstandswaarde eenvoudig bepaald door de verhouding tussen de totale lengte en de breedte van de strookjes, de vormfactor: $R = \frac{l}{b} \times R\square$. De toelaatbare dissipatie is daarentegen afhankelijk van de oppervlakte van de weerstand, dus van het produkt van lengte en breedte ($l \times b$).

Uit het voorafgaande blijkt een tweede voordeel van de u-vormige Ni-bruggen tussen de in serie geschakelde delen van een meander-vormige weerstand: de weerstand is opgebouwd uit zuiver rechthoekige sporen, waarvan de vormfactor nauwkeurig bekend is en waarmee de gewenste waarde veel nauwkeuriger kan worden benaderd dan wanneer de gehele meander uit weerstandsmateriaal zou bestaan. De techniek, de optredende dissipatie en de aard van de individuele schakeling stellen grenzen aan de maximum- en minimumwaarden van de weerstanden.

Wat de techniek betreft: de weerstandssporen mogen niet te dun, maar ook niet te kort zijn, onder meer omdat eventuele inhomogeniteiten dan een te grote rol gaan spelen en de reproduceerbaarheid in gevaar komt. Gewoonlijk maakt men de sporen niet smaller dan 100 μm en niet korter dan 0,2 mm. Grote weerstandswaarden worden gerealiseerd door de strookjes uiterst smal en van een grote lengte te maken. Is bovendien de dissipatie groot en stelt men strenge stabiliteitseisen (de stabiliteit neemt af met stijgende temperaturen en daardoor met toenemende dissipatie), dan moet een breed spoor van nog grotere lengte worden gebruikt om een voldoende grote oppervlakte te krijgen.

De oppervlakte die een weerstand in beslag neemt stijgt dus met de waarde van R en met de dissipatie. Het hangt van de aard van de schakeling af welke ruimte hiervoor beschikbaar is. In de praktijk wordt een weerstand van 100 kΩ welhaast beschouwd als maximum (500 kΩ/cm^2); grotere weerstanden, die te veel ruimte innemen, kunnen in discrete vorm in de schakeling worden opgenomen. De minimum-weerstand is ongeveer 10 Ω. De waardeschaal is dus aanzienlijk breder dan bij de monolitische techniek. Welke eisen kan men verder nog stellen aan een weerstand?

De stabiliteit moet groot zijn. Dat wil zeggen dat de irreversible weerstandsverandering onder invloed van de temperatuur over een bepaald tijdvak niet te groot mag zijn (veroudering). Deze grootheid, $\Delta R/R$, bedraagt na 1000 uur onder omstandigheden die zwaarder zijn dan normaal, minder dan 1% en na 10.000 uur minder dan 2%.

De temperatuurcoëfficiënt moet klein zijn (reversible weerstandsverandering). De absolute temperatuurcoëfficiënt van dunnefilmweerstanden bedraagt $(1000 \pm 50)\ 10^{-6}\ °C^{-1}$, de relatieve temperatuurcoëfficiënt van weerstanden op eenzelfde substraat is kleiner dan $20.\ 10^{-6}\ °C^{-1}$.

De tolerantie moet klein zijn. Dit hangt ten nauwste samen met de stabiliteit, in zoverre dat onstabiele weerstanden altijd een grote tolerantie hebben. Doordat de stabiliteit van dunnefilmweerstanden vele malen groter is dan de tolerantie waarmee ze worden opgedampt, bepaalt het opdampprocédé (de onnauwkeurigste van de twee) de uiteindelijke tolerantie. Deze bedraagt $\pm$ 10% voor kleine tot $\pm$ 20% voor de grote weerstanden. De relatieve tolerantie, dat wil zeggen de afwijking van de verhouding tussen twee weerstanden op hetzelfde substraat, bedraagt echter $\pm$ 7%. Wanneer

deze weerstanden zich vlak naast elkaar bevinden, is de relatieve tolerantie zelfs $\pm$ 2%. Nog nauwere toleranties, tot $\pm$ 0,1%, kunnen worden verkregen door de weerstanden te trimmen.

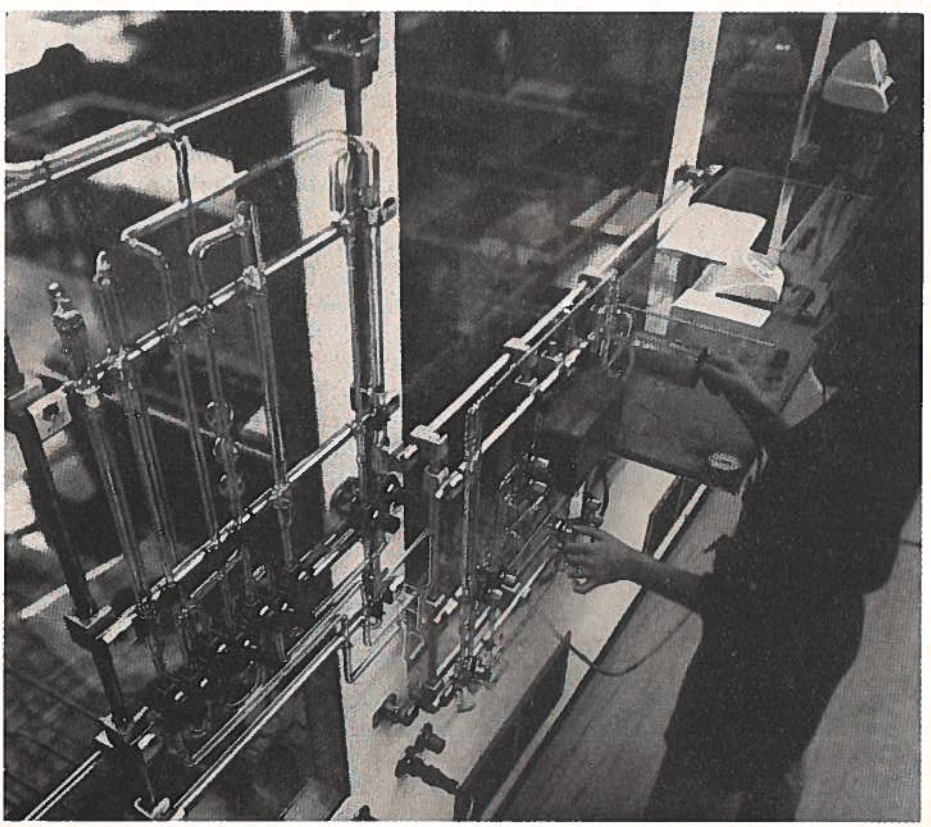
De isolatieweerstand tussen de weerstand en zijn omgeving moet zo groot mogelijk zijn. Ook aan deze eis wordt voldaan.

Samenvattend kan worden gezegd dat dunnefilmweerstanden elke waarde tussen circa 10 Ω en 100 kΩ kunnen hebben (d.w.z. niet gebonden zijn aan de waarden van de E-reeksen). Dit laatste is vooral van belang bij het ontwerp van laddernetwerken. Verder kunnen zij een grote stabiliteit hebben, een lage temperatuurcoëfficiënt en een hoge isolatieweerstand bezitten en met zeer nauwe toleranties gemaakt worden.

Het trimmen van weerstanden

Wanneer de dunnefilmweerstanden een zeer grote nauwkeurigheid moeten hebben, krijgen ze een speciale vorm, waardoor ze na afloop van het laatste etsproces bijgeregeld kunnen worden.

Omdat de weerstandswaarde door het wegetsen van weerstandsmateriaal alleen maar kan toenemen, zorgt men er bij het ontwerpen van de schakeling voor dat de weerstandswaarde altijd kleiner is dan de gewenste waarde. De te trimmen weerstand wordt opgenomen in een brug om te worden vergeleken met een precisieweerstand. Het weg-



Een blik op de diffusie-ovens die een belangrijke functie vervullen bij de fabricage van *bearn-lead* halfgeleiders.

etsen van materiaal gebeurt met een etsnaald, waaraan hoogfrequentenergie wordt toegevoerd, zodat het nichroom plaatselijk verdampt. Zodra de vereiste waarde is bereikt, wordt de voedingsspanning van de hoogfrequentoscillator automatisch uitgeschakeld. Zoals reeds werd opgemerkt kan hiermee een tolerantie van $\pm$ 0,1% worden bereikt.

De discrete onderdelen

Een aantal jaren geleden is men reeds begonnen met het ontwikkelen van speciale discrete onderdelen voor hybridische geïntegreerde schakelingen. Eén van de redenen hiervoor was dat, wilde men de geringe dikte van een dunnefilmschakeling tot zijn recht laten komen, ook de discrete onderdelen zo klein en zo plat mogelijk moesten zijn. De meest gebruikte discrete onderdelen zijn transistors, dioden en condensatoren. Daarnaast komen spoeltjes, speciale weerstanden en dergelijke voor, Ten slotte noemen we de monolitische geïntegreerde schakelingen en de hulpsubstraten, die weliswaar geen discrete onderdelen zijn in de eigenlijke betekenis van het woord, maar die niettemin als afgeronde eenheden op een dunnefilmschakeling kunnen worden gemonteerd.

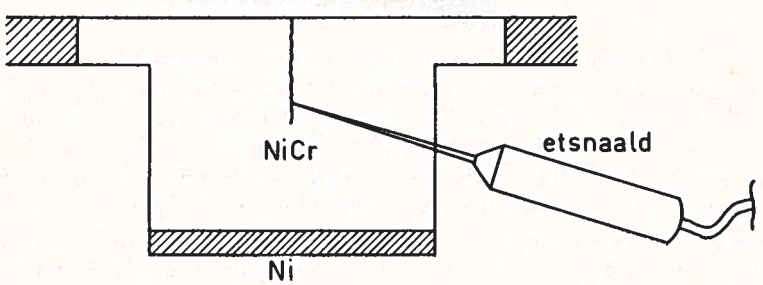
Condensatoren

Speciale condensatoren voor dunne- en dikkefilmschakelingen zijn er in verschillende soorten, uitvoeringen en capaciteiten. Het kan van belang zijn dat men door toepassen van discrete condensatoren niet gebonden is aan bepaalde typen condensatoren.

Philips levert een reeks keramische condensatoren met capaciteiten tussen 10 en 1000 pF, bestaande uit een schijfje keramisch materiaal, aan beide zijden voorzien van een opgedampt aansluitvak. Ter illustratie van de mogelijkheden die het toepassen van discrete condensatoren en dunnefilmschakelingen biedt, zijn in tabel 1 de belangrijkste gegevens van deze keramische condensatoren vermeld. Verder zijn er condensatoren met capaciteiten van 1000 tot 100.000 pF beschikbaar. Deze hebben een werkspanning van 100 volt. Ten slotte zijn er nog tantaalcondensatoren met capaciteiten tussen 10.000 pF en 2 μF en werkspanningen van 2 tot 35 volt. Alle genoemde condensatoren worden door solderen gemonteerd op de dunnefilmschakeling.

Binnen afzienbare tijd zal het programma worden uitgebreid met enkele reeksen monolotische condensatoren met capaciteiten tot 470 nF en een reeks gesinterde tantaalcondensatoren met capaciteiten van 0,1 tot 5 μF en een werkspanning van 5 volt.

Uit het bovenstaande overzicht blijkt duidelijk dat men bij het ontwerpen van een hybridische geïntegreerde schakeling veel vrijer is bij het toepassen van condensatoren dan bij monolitische geïntegreerde schakelingen het geval is. Bovendien is de kwaliteit van discrete condensatoren in alle opzichten beter dan die van monolitische geintegreerde, die doorgaans uit een gesperde PN-overgang bestaan.



Het trimmen van een dunnefilmweerstand.

Tabel 1

Keramische condensatoren voor hybridische schakelingen

Capaciteitsreeks:	10 . . . 1000 PF
Capaciteitstolerantie:	± 10%
Werkspanning:	15 V
Proefspanning:	30 V
Spanningsafhankelijkheid:	V = 0 . . . 15 V C = 100 . . . 1000 pF } − 2 . . . + 0,5%
Capaciteitsverloop na 1000 h;	C = 10 . . . 82 pF: ± 1 pF C = 100 . . . 1000 pF: + 2 . . . − 6%
Isolatieweerstand:	≥ 100 MΩ
Verliesfactor tg δ:	C = 10 . . . 82 pF: ≤ 15.10⁻⁴ C = 100 . . . 1000 pF: ≤ 250.10⁻⁴
Bedrijfstemperatuur:	C = 10 . . . 82 pF − 55 . . . + 100 °C C = 100 . . . 1000 pF − 55 . . . + 125 °C
Temperatuurafhankelijkheid:	C = 10 . . . 82 pF T = − 55 . . . + 100 °C } − 750 ± 250.10⁻⁶ °C⁻¹ C = 100 . . . 1000 pF T = − 10 . . . + 55 °C } ± 5

Dit artikel is een bijna volledige overname van een artikel uit het Philips Elonco Bulletin nr. 64.

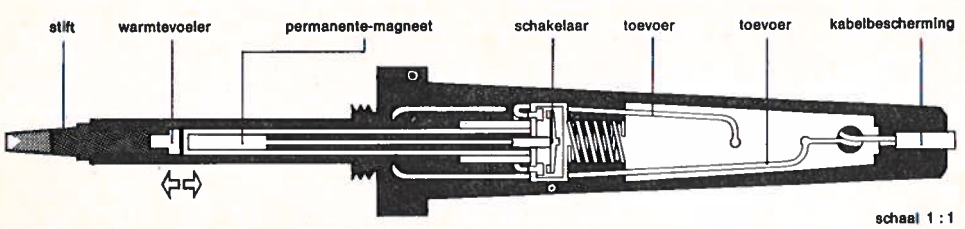
Professioneel Solderen

J. A. v.d. Touw

Bij elke traditionele soldeerbout kan slechts een klein gedeelte van de opgewekte energie worden gebruikt voor het solderen.

Het grootste gedeelte verdwijnt zonder enig resultaat. Dat kost geld.

Om dit gebrek op te heffen werd de WELLER magnastat soldeerbout ontwikkeld (zie onder).



schaal 1 : 1

Wanneer de stift koud is, wordt de permanente magneet aangetrokken door de magnastat-warmtevoeler, waardoor het warmte-element ingeschakeld wordt. Zodra de stift de van te voren vastgestelde temperatuur van de warmtevoeler (Curiepunt) bereikt heeft, kan deze de magneet niet langer aantrekken. De magneet springt terug en schakelt de stroom uit. Zodra de stift afkoelt trekt de warmtevoeler de magneet weer aan; de stroom wordt ingeschakeld en het element wordt opnieuw verwarmd.

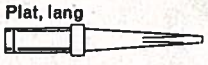
Het gepatenteerde systeem van de warmte-regeling past zich aan tijdens het solderen. Gedurende het onbenut laten van de ingeschakelde soldeerbout schakelt het warmte-element af en toe uit. Naar behoefte wordt de energietoevoer plotseling weer ingeschakeld.

Het element werd zodanig ontwikkeld, dat de temperatuur van de stift zou kunnen oplopen tot 600 °C. Deze temperatuur is veel hoger dan nodig is. Daarom is het warmte-element verbonden met een *automatische temperatuurregeling,* die de stroom naar behoefte toevoert. Zodra men soldeert met de stift zakt de temperatuur. Bij het afnemen van de temperatuur met enkele graden Celsius wordt de automatische temperatuurregelaar ingeschakeld zodat een optimale warmtetoevoer volgt. Aangezien het warmte-element voor een temperatuur van 600 °C werd ontwikkeld en voor het solderen bijvoorbeeld 370 °C benodigd is, bestaat er nog een warmte-reserve van 230 °C. Op deze wijze bereikt de Weller magnastat een *energiereserve door automatische temperatururegeling,* wat de reden is van zo'n buitengewoon hoog prestatievermogen.

Door de automatische temperatuurregeling worden de levensduur van stift en element verlengd. Het garandeert eveneens goede kwaliteit van de soldeerverbindingen en verbetert de tijd voor het solderen in series. Het resultaat is: minder produktie- en servicekosten.

De keuze van de soldeertemperatuur is mogelijk door verwisselbare stiften met warmtevoelers van 260, 310, 370 en 400 °C. Daarom behoeven er geen problemen meer te zijn bij het solderen van gevoelige elektronische componenten. Optimale energie-reserve verzekert snel en betrouwbaar solderen bij alternatieve, ook lage stifttemperaturen.

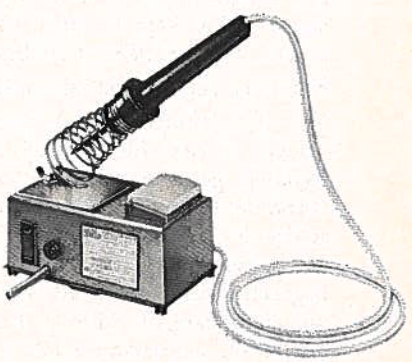
De energiebron met hoge warmte-reserve is slechts 20 mm verwijderd van het te solderen punt, zodat optimale warmtetoevoer wordt verkregen. Het resultaat is: foutloze en betrouwbare soldeerpunten.

Stiften voor TCP-laagspanningsbouten	**Breedte**
Plat, kort	2,4 mm
	3,2 mm
Plat, lang	1,2 mm
	2,0 mm

De soldeerbout ligt goed in de hand, weegt slechts 50 gram en men kan er doeltreffend mee werken. Daardoor worden betere arbeidsprestaties verkregen en is het werken ermee weinig vermoeiend. Opwarmtijd is binnen 30 seconden.

„Longlife" Weller stiften zijn gemaakt van koper voor optimale warmtegeleiding. De verijzerde laag zorgt voor lange levensduur en verbrandt niet. De praktische soldeerbouthouder vereenvoudigt het snelle wegleggen en is een bescherming ter voorkoming van brandwonden. Het flexibele siliconenrubber snoer is ongevoelig voor contact met de hete stift.

De Magnastat soldeerbout 50 W is voor een spanning van 24 W en wordt toegepast met een veiligheidstransformator 220/24 V met schakelaar, (zie nevenstaande foto).



Magnastat-soldeerbout

24 V, 50 W, met temperatuurregeling en soldeerstift, met *veiligheidstransformator* 220/24 V met schakelaar, controlelampje, soldeerbouthouder, zekering, druppelschaal en sponsje.

Technische berichten

B. Kieboom

1 Met ingang van 1977 zullen in Hamburg de brandweeracties per computer worden bestuurd.

De Hanzestad heeft onlangs voor de brandweer, die in het afgelopen jaar meer dan 160.000 keer te hulp werd geroepen, een door Siemens ontwikkelde computerbestuurde actiecentrale besteld.

Hamburg zal daarmee als eerste een dergelijk systeem ter wereld krijgen.

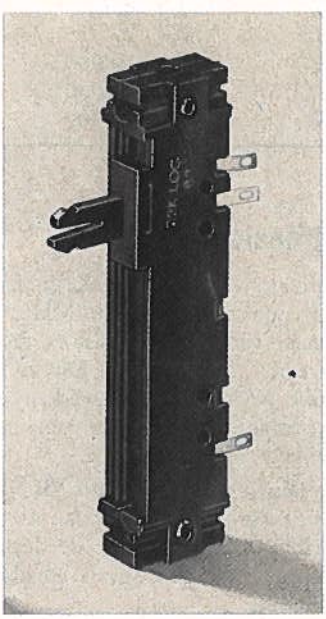
Van elke binnenkomende alarmmelding geeft de actieleider de benodigde gegevens via een video-display in de computer in (foto voorgrond). Binnen enkele seconden geeft de computer een concreet alarmvoorstel waarin opgenomen de uitvoerende brandweerwacht, voertuigen, bemanning en materiaal. Accepteerd de actieleider dit voorstel, dan geeft de computer automatisch de alarmmelding met het betreffende actieplan door aan de betreffende brandweerwacht. De extra ingegeven informatie zoals stratenregisters, plaats voor de watertoevoer, loodsen met brandbare of explodeerbare stoffen, maken een onmiddellijke dispositie mogelijk. De actiecentrale EZ 2000 — op onze foto een prototype bij de test in München — heeft een waarde van tien miljoen DM.

2 Sinds enige jaren denkt men in de Bondsrepubliek (B.R.D.) aan een systeem voor regionale televisieverzorging m.b.v. aardstationaire satellieten.

Het televisiesignaal volgt daarbij de weg studio - grondstation - satelliet - abonnee Het signaal wordt m.b.v. scherp bundelende zendantennes op een land- of spraakgebied gericht, waar het kan worden opgevangen door enkelvoudige of door gemeenschappelijke antenne-installaties. Een dergelijk systeem, waarvan de toepasbaarheid onder verantwoording van Siemens wordt onderzocht, kan in een boek Televisie-ontvangst via satellieten worden nagegaan.

3 Schuifpotentiometer SLP 40

Nieuw zijn de schuifpotentiometers die de code-aanduiding SLP 40 meekregen en die worden geleverd onder bestelnummer 2322 43..... waarvan de laatste zes cijfers de verschillende uitvoeringen aangeven. Want de schuifpotentiometer SLP 40 wordt in een groot aantal uitvoeringen geleverd en kan daardoor in de meest uiteenlopende toepassingen worden gebruikt. Zo zijn enkelvoudige typen leverbaar, die een rechte koolbaan bevatten verankerd in een grondplaat van hardpapier, het geheel gemonteerd in een stevig huis van zwarte kunststof. Daarnaast zijn er de z.g. „dubbele" uitvoeringen, ook wel „stereo" schuifpotentiometers genoemd. Deze bevatten twee rechte koolbanen die tegenover elkaar in één huis worden gemonteerd. Ook daar zijn de koolbanen verankerd in een grondplaat terwijl het huis eveneens bestaat uit een stevige zwarte kunststof. Beide typen kunnen voorzien zijn van een metalen afscherming die aan de buitenzijde van het huis wordt aangebracht en die een uitstekende bescherming vormt tegen interferenties van buitenaf. Bovendien kan de dubbele of tandem-potentiometer worden voorzien van een metalen afscherming tussen de beide koolbanen. Dit kan van belang zijn in gevallen waarin absoluut geen overspraak mag optreden.



Verder zijn de SLP 40 schuifpotentiometers leverbaar met verschillende aansluitmogelijkheden, wijzen van montage en instelmogelijkheden. Wat de weerstandswaarden betreft kan worden opgemerkt dat de SLP 40 wordt geleverd met een lineair weerstandsverloop in waarden tussen 220 Ω en 4,7 Ω; bij een logaritmisch of semi-logaritmisch verloop, lopen de verkrijgbare weerstandswaarden uiteen van 1 kΩ tot 2,2 MΩ.

(Elonco Bulletin nr. 79)

4 Gecementeerde gewonden draadweerstanden

Behalve de geëmailleerde weerstanden zijn ook gecementeerde verkrijgbaar. De cementomhulling is onbrandbaar en kan zelfs bij zeer hoge overbelasting niet smelten.

De weerstanden zijn leverbaar in waarden van 5,6-27.000 ohm volgens de E12 of E24 reeks (zie tabel).

De weerstanden van de 4-W typen met waarden van 5,6-150 ohm voldoen aan de IEC 68 damp-hittetest 40/200/56, de waarden daarboven 40/200/21. Hetzelfde geldt voor de 7-W typen met waarden van 6,8-390 ohm volgens de 56-dagentest en de waarden daarboven volgens de 21-dagentest. Voor de 9,5- en de 15-W typen zijn dit resp. de 10-560 ohm en 16-820 ohm volgens de 56-dagentest en de hogere waarden volgens de 21-dagentest.

Bovengenoemde weerstanden zijn alleen op bestelling leverbaar met een minimum-bestelaantal van 100 stuks per type per waarde.

belastbaarheid + omg. = 70 °C W	tolerantie	weerstands-waarden ohm	weerstands-reeks	bestel-nummer
4	± 10%	5,6 - 47	E12	2322 325 36...
4	± 5%	5,6 - 4700	E24	2322 325 37...
7	± 10%	6,8 - 27	E12	2322 325 26...
7	± 5%	6,8 - 10.000	E24	2322 325 27...
9,5	± 5%	10 - 10.000	E24	2322 325 17...
15	± 10%	16 - 16.000	E24	2322 325 07...

(Elonco Bulletin nr. 79)

5 UHF-vermogenstransistor BLX 98

De planaire epitaxiale npn-transistor BLX 98 is een vermogenshalfgeleider voor de versterking van frequenties rond 860 MHz. Speciaal vervaardigd om te voldoen aan de vraag naar vermogenstransistors die kunnen worden gebruikt in de eindtrappen van de zgn. „transposers". Dit zijn frequentie-omzetters die onder meer worden gebruikt in automatisch werkende televisierelaisstations zoals die voorkomen in bergachtige gebieden om een goede televisie-ontvangst in diep gelegen dalen mogelijk te maken.

Slechts vier van de nieuwe npn-transistors BLX 98 zijn nodig om een eindtrap te construeren die een uitgangsvermogen van 10 watt kan leveren bij een geringe intermodulatie-vervorming. Daarbij zijn de levensduur en de betrouwbaarheid van de BLX 98 buitengewoon gunstig als gevolg van de bijzondere opbouw van deze bipolaire halfgeleiders.

Bekend zal zijn dat vermogenstransistors voor hoge frequenties zijn opgebouwd uit een groot aantal parallelgeschakelde deeltransistors in één siliciumkristal. Een probleem hierbij is de onmogelijkheid al deze deeltransistors volkomen identiek te maken. Altijd zal er een deeltransistor zijn die de grootste stroom trekt en dus de grootste dissipatie te verwerken krijgt. Als door een of andere oorzaak de vermogenstransistor zijn h.f.-energie niet meer kwijt kan, zal de deeltransistor die de grootste stroom trekt het eerst sneuvelen, waarmee de hele transistor dan onbruikbaar wordt.

Een belangrijke manier om dit onbruikbaar worden tegen te gaan is het diffunderen van kleine weerstanden in de emitterleiding van elke deeltransistor waardoor een gelijkmatige stroomverdeling over alle deeltransistors bereikbaar wordt.

Deze techniek wordt bij de opbouw van de BLX 98 toegepast. Ook wordt in het laatste stadium van opbouw een zeer dun laagje goud op de contactoppervlakken van basis, emitter en collector neergeslagen in plaats van het gebruikelijke aluminium.

6 Uitleeseenheden en cijferindicatoren

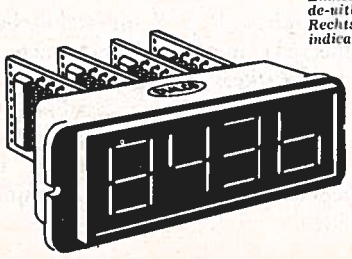
Licht-emitterende dioden zijn ideaal voor het samenstellen van cijfer-indicatoren. De belangrijkste voordelen zijn de mogelijkheid tot directe sturing door transistors, de uitstekende leesbaarheid bij geringe afmetingen en de afwezigheid van parallax, doordat alle beeldelementen in hetzelfde vlak liggen. Het programma cijferindicatoren bestaat uit drie typen, waarvan er twee zijn opgebouwd uit lichtpuntjes en het derde uit zeven segmenten.

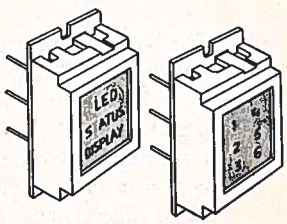
De cijferindicatoren van de 730-serie hebben een cijferhoogte van 16 mm. De zeven segmenten worden gevormd met behulp van speciale, gepatenteerde lensjes, die voor een uitstekende leesbaarheid zorgen. Er is een bijpassende eenheid voor het indiceren van plus en min beschikbaar.

Deze cijferindicatoren zijn ook verkrijgbaar als complete uitleeseenheden, bestaande uit een aantal naast elkaar geplaatste cijferindicatoren en desgewenst een blokje voor plus en min. De cijferindicatoren zijn naar keuze leverbaar met of zonder decimale komma.

Elk blokje is voorzien van een printplaatje met stuur- en decoderingsschakelingen, waarvoor geïntegreerde schakelingen zijn gebruikt. De cijferindicatoren van de 740-serie en de daaruit samengestelde uitleeseenheden van de 749-serie berusten op de toepassing van puntvormige LED's, gerangschikt in een patroon van zeven lijntjes. Er zijn twee uitvoeringen, met een cijferhoogte van respectievelijk 5,2 en 3,2 mm. Deze indicatoren zijn dus aanmerkelijk kleiner dan die van de eerder genoemde 730-serie.

Links: Voorbeeld van een vierdecade-uitleeseenheid.
Rechts: voorbeelden van „toestand"-indicatoren.



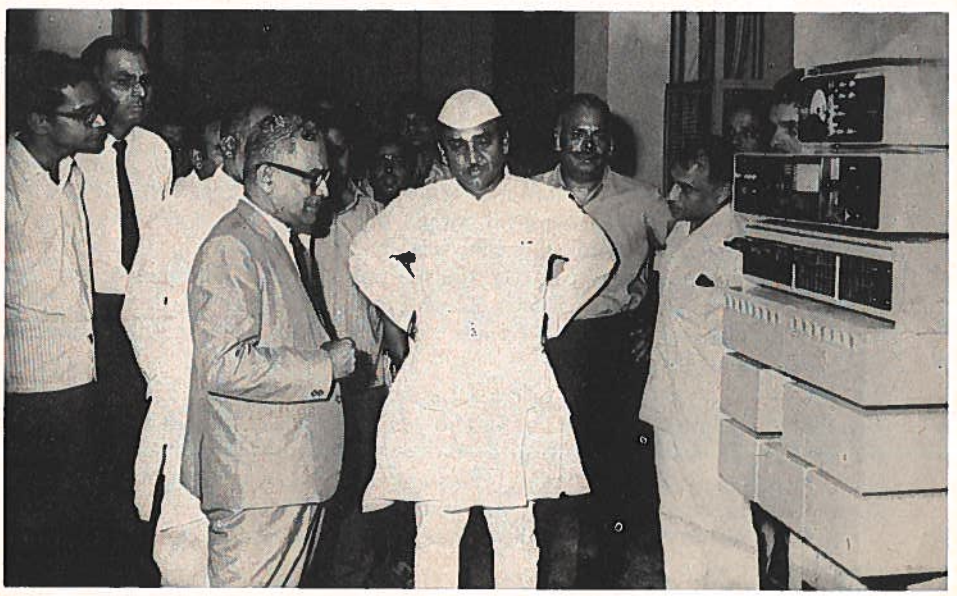


„Toestand"-indicatoren

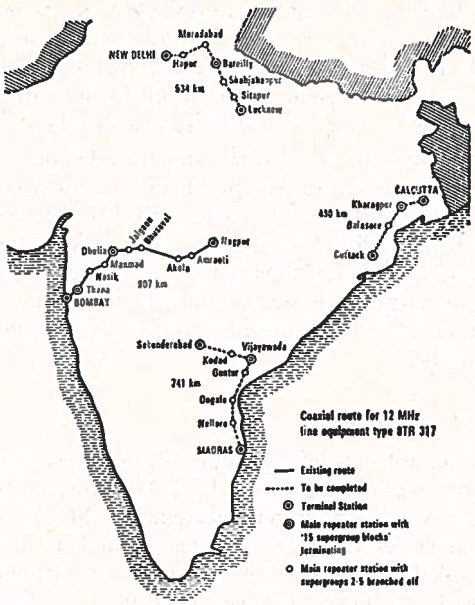
Voor het signaleren van „toestanden" is een serie „status display modules" leverbaar, die dezelfde afmetingen hebben als de cijferindicatoren van de 730-serie en die derhalve bij uitleeseenheden van de 739-serie de plaats van een cijferindicator kunnen innemen. Deze indicators zijn leverbaar met vier of zes LED's met een grote lichtsterkte. Vóór de LED's wordt een masker aangebracht met aanduidingen, die leesbaar worden gemaakt door het inschakelen van de LED die de gewenste aanduidingen kunnen cijfers, woorden of symbolen zijn (zie afbeelding hiervoor).

7 Telefoon-verbinding in India

De telefoonverbinding met een lengte van 907 km is de eerste van vier routes met een totale lengte van 2600 km, waarvoor de Indiase Post and Telegraph in het kader van de opbouw van een modern nationaal telefoonnet 12 MHz coaxiaal lijnapparatuur (voor 2700 telefoonkaanenl) bij Philips heeft besteld.

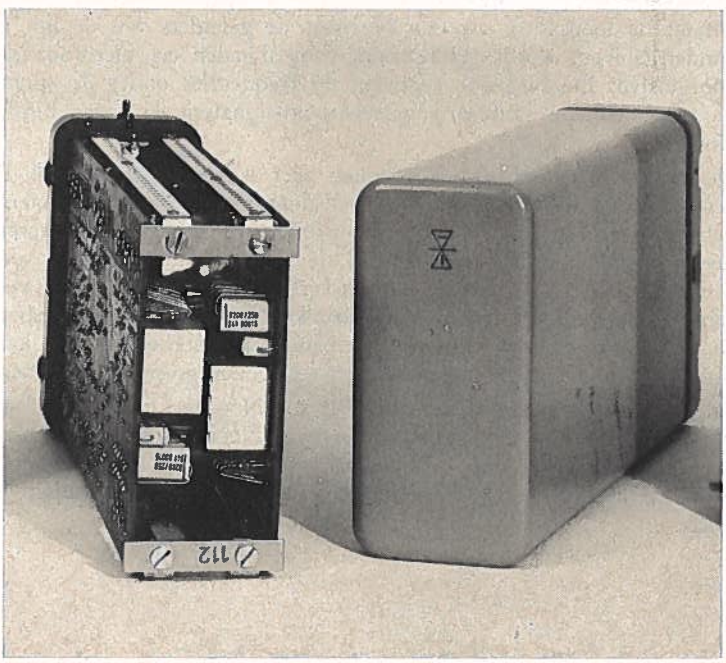


De betreffende routes waren hierbij door de Indiase P T T uit praktische overwegingen ontworpen en voorbereid (engineered) met kleine betonnen hutten voor het onderbrengen van de afhankelijke versterkers. Dit gaf extra eisen met betrekking tot de hoge temperaturen in de hutten en de grote dagelijkse temperatuurschommelingen. Dankzij een uniek op afstand bediend regelsysteem en een zeer grote tegenkoppeling in alle versterkers was dit geen bezwaar. De Indiase ingenieurs, die de gehele route zelf hebben geïnstalleerd en opgelijnd, zijn bijzonder tevreden over de verkregen resultaten.



8 Nieuwe L.F. 2-draads versterkers

Nadat Philips' Telecommunicatie Industrie twee jaar geleden een nieuwe 2-draads Negatieve Impedantie-versterker voor gepupiniseerde lijnen onder de be-



naming PE 6 Negistor (NEGative ResISTOR) op de markt bracht, wordt sinds 1973 een versterker voor niet-gepupiniseerde lijnen, de nieuwe PE 2-3 Negistor geïntroduceerd. Tezamen met het universele type — de in de zestiger jaren voor de gepupiniseerde en niet gepupiniseerde lijnen ontworpen E2-3 Negistor — kan nu worden beschikt over een volledige serie versterkers.

Door toepassing van deze versterkers kunnen eenvoudige en goedkope oplossingen worden verkregen voor transmissie-problemen in alle soorten nieuw aan te leggen of aan wijziging onderhevige bestaande LF-kabelnetten. De kostenbesparingen die worden verkregen bij de aanschaf van nieuwe kabels, waarbij door het gebruik van Negistors kleinere aderdiameters zijn toegestaan, staan nl. in geen verhouding tot de aanschafprijs, de eenvoudige installaties en het minimale onderhoud van de versterkers. Op het moment worden deze versterkers reeds in meer dan 20 landen toegepast.

De nieuwe PE 2-3 Negistor

De voor het gebruik op niet-gepupiniseerde lijnen gespecialiseerde versterker biedt ten opzichte van de universele E2-3 Negistor een betere impedantie-aanpassing waardoor tevens een grotere versterking en een betere egalisatie van de spraakband frequenties wordt bereikt. De versterkers bezitten onder alle omstandigheden een goede stabiliteit, ook bij de meest extreme belastingtoestanden als open en kortgesloten lijnen. Ten gevolge van de verbetering van de frequentiekarakteristiek en de groeplooptijden van het versterkte circuit, draagt de Negistor ook bij tot kwaliteitsverbetering van data- en telemetrie-signalen.

De afregeling als eind- of tussenversterker voor het toegepaste type LF-kabel beperkt zich tot het met behulp van schroefcontacten instellen van netwerkcomponenten volgens verstrekte tabellen. De installatie kan aanmerkelijk worden vereenvoudigd door gebruik te maken van een „Installer's Set" of een eenvoudiger uitgevoerde „Test-Adapter".

Omdat bij toepassing van een Negistor de geleiders van de lijn galvanisch verbonden blijven, wordt gelijkstroom voor signalen en microfoonvoeding normaal doorgelaten. De Negistor verzwakt de frequenties onder de spraakband niet in die mate dat de standaard wisselstroom-signaleringen daar hinder van ondervinden.

De mechanische opbouw is robuust, zeer compact en flexibel. De functionele eenheden zijn voor een optimale levensduur in luchtdicht afgesloten bussen ondergebracht, die aan panelen kunnen worden vastgehaakt en vergrendeld. Tijdens het vasthaken worden tegelijkertijd de mesvormige stekers in veercontacten gedrukt, die een hoogwaardige contact-verbinding garanderen. Bij verwijdering van een Negistor zal het circuit niet verbroken worden, daar de desbetreffende veercontacten automatisch sluiten. Elk paneel is voorbedraad en kan 8 Negistoreenheden of 7 Negistor-eenheden en een voedingseenheid bevatten.

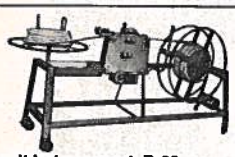
Elke Negistor-eenheid bevat twee PE 2-3 Negistors en wordt daarom 2 PE 2-3 Negistor genoemd. De plaatsing van twee Negistors in één behuizing verdubbelt het aantal Negistors op een paneel en rek. Behalve dat hierdoor ruimtewinst wordt verkregen wordt de toepassing van Negistors economisch nog aantrekkelijker.

overwikkelapparaat D 16
D 16h (handbediend)
D 16el (elektrisch)
D 16G el, tot 20 mm ø

handmeetapparaat
van 5 tot 21 mm ø

handmeetapparaat
van 5—50 mm ø

meetapparaat M 10
van 11—10 mm ø, te ijken



overwikkelapparaat D 30
D 30h, D 30el, D 30S el,
tot 30 mm ø

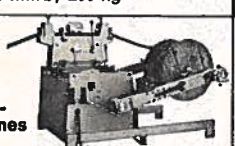
afwikkelapparaat A 61
820 mm ø, 300 kg

meetapparaat M 20
van 1—20 mm ø, te ijken

ringwikkelmachine R 42
380/800 mm ø, 250 kg

VERNIEUWD PROGRAMMA KABEL-MAGAZIJN-APPARATUUR

meetapparaat M 40
van 3—40 mm ø, te ijken

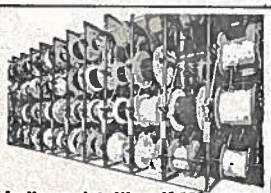


over-wikkel-machines

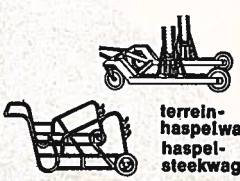
TR 125, 1,25 m ø, 1,0 ton
TR 140, 1,40 m ø, 1,5 ton
TR 160, 1,60 m ø, 1,8 ton
TR 200, 1,80 m ø, 2,5 ton

hydr. vijzels
mech. vijzels

meetapparaat M 60
van 10—60 mm ø, te ijken



kabelhaspelstelling K 300



terrein-haspelwagens
haspel-steekwagens

meetapparaat M 80
van 30—80 mm ø, te ijken

KOMPLETE KABELMAGAZIJN-INRICHTINGEN

Voor: Sneller en nauwkeuriger kabeloverwikkelen en afmeten met minder mankracht —
Optimaal benutten van het vloeroppervlak door gebruik van moderne haspelstellingen
Vraagt uitgebreide dokumentatie.

AKAPP

AGENTURA KABELAPPARATUUR BV
STATIONSLAAN 10 ZEIST
TEL. 03404 - 10244 (8 l.) Telex 47136

Straalzender apparatuur

voor telefonie
radio/televisie
afstandsbediening
afstandsmeting
afstandscontrole
en alle andere
toepassingen.

Complete systemen
voor straalzenders
in alle capaciteiten.

GTE ATEA

Atea N.V., Groot Hertoginnelaan 8, 's Gravenhage
Telefoon (070) 656903*, Telex 31454